

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

#4
6.13.02

JC978 U.S. PRO
10/084241
02/27/02

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2001 02 28

申 请 号： 01 1 09301.3

申 请 别： 发明专利

发 明 名 称： C D M A 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法

申 请 人： 信息产业部电信传输研究所；西南交通大学

发 明 人： 郝莉；范平志



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 崇 川

2001 年 11 月 1 日

权利要求书

- 1、一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于: 在发送端, 发送机首先用第一级扩频码对数据信息进行第一级扩频, 扩频增益为第一级扩频码的长度, 然后用第二级扩频码对经过第一级扩频后的码片进行第二次扩频, 扩频增益为第二级扩频码的长度; 在接收端, 接收机首先对第二级扩频进行解扩, 积分区间为第一级扩频后的码片宽度, 随后对第一级扩频进行解扩, 积分区间为信息比特宽度。
- 2、如权利要求 1 所述的一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于: 第一级扩频增益为第一级扩频码的长度, 第二级扩频增益为第二级扩频码的长度, 总的扩频增益为两级扩频后各自扩频增益的乘积。
- 3、如权利要求 1 所述的一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于: 在各基站发射机准同步的系统中, 该方法可用于 CDMA 蜂窝通信系统的下行链路, 将所述的第一级扩频码作为同一小区中所有用户的公用码, 区分不同小区间的用户; 将所述的第二级扩频码作为小区内每个用户的信道化码, 区分小区内的不同用户。
- 4、如权利要求 1 所述的一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于该方法可用于准同步 CDMA 蜂窝通信系统的上行链路, 将所述的第一级扩频码作为小区中所有用户的公用码, 区分不同小区间的用户; 将所述的第二级扩频码作为小区内每个用户的信道化码, 区分小区内的不同用户。
- 5、如权利要求 1、3、4 所述的一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于: 公用码采用零相关区 $Z=1$ 的 ZCZ 序列, 信道化码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列; 接收机对公用码及信道码分别解扩。
- 6、如权利要求 1、3、4 所述的一种 CDMA (码分多址) 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法, 其特征在于: 公用码采用 Walsh 序列, 信道化码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列, 接收机对公用码及信道化码分别解扩。

- 7、如权利要求 1、3、4 所述的一种 CDMA（码分多址）蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法，其特征在于：公用码采用零相关区 $Z=1$ 的 ZCZ 序列，信道化码采用正交序列；接收机对公用码及信道化码分别解扩。
- 8、如权利要求 1、3、4 所述的一种用于 CDMA（码分多址）蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法，其特征在于：公用码采用 PN（伪随机）序列，信道化码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列；接收机对公用码及信道化码分别解扩。

说明书

CDMA 蜂窝系统两级变码片速率扩频和解扩方法

本发明涉及一种在 CDMA (码分多址) 蜂窝系统中两级变码片速率扩频和解扩的方法。

在 CDMA 蜂窝通信系统中, 多个用户共享相同的频带和时隙, 通过所分配的扩频序列即地址码来实现多址传输。此时系统中存在的对用户接收机的干扰通常包括以下几部分: 信道噪声、用户信号多径传输引起的自干扰 (SI)、小区内其它用户引起的多址干扰 (MAI) 和小区间用户引起的相邻小区干扰 (ACI)。在理想情况下, 码分多址通信系统中使用的扩频序列码组应具有如下相关特性: 每个扩频序列码的自相关函数为一个冲激函数, 即除零时延外, 其值应处处为零; 每对扩频序列码的互相关函数值应该处处为零。此时系统中将只存在信道噪声。虽然已经证明具有这种理想相关特性的扩频序列码组是不存在的, 然而除了第一种信道噪声而外, 其余三种干扰均可以通过合理选择地址码和扩频方案来进行有效抑制, 从而获得良好的系统性能。

从现有 CDMA 蜂窝系统来看, 通常采用两层扩频方案。下行链路中, 第一层扩频通常采用 Walsh (沃尔什) 序列 (如 IS-95, TD-SCDMA, cdma2000 等) 或 OVVSF (正交可变扩频因子) 序列 (如 WCDMA) 等正交码作为扩频地址码 (即信道码) 区分小区内的信道, 抑制小区内用户间的干扰; 第二层扩频通常采用 m 序列 (如 IS-95, cdma2000) 或 Gold 序列 (如 WCDMA) 等 PN (伪随机) 序列作为地址码 (即扰码), 区分各小区之间的信道。上行链路同样可以采用这种正交序列和伪随机序列的两层扩频方式 (WCDMA、TD-SCDMA 等), 但正交序列组只在同一用户的不同信道间使用, 而且同一小区内的每个用户的伪随机序列应各不相同。这种传统两层扩频方案的特点是, 码片速率经过第一层正交信道码扩频后已达到系统要求的码片速率, 第二层扩频只是第一层扩频后的码片与同速率的扰码码片之间的异或运算, 码片速率并没有改变, 也没有实施扩频。换言之, 第二层的扰码只是作为地址码, 并没有扩频的作用。这种两层方案主要具有如下优点: 信道码与扰码配合, 增加了系统可提供

的信道数；正交码的正交特性可以完全消除同一路径上的 MAI（下行链路来自于其它用户而上行链路来自于本用户的其它信道）；伪随机序列可以将来自于其它路径和其它小区（对上行链路来说是用户）的干扰随机化，带来较大的系统增益。

从上面的分析中可以看出，CDMA 系统中采用正交序列作为信道码的主要目的在于保持用户信号之间的正交性，从而抑制干扰。然而在实际系统中，由于同步有可能受到传输或信道的影响而被破坏，正交序列所能带来的性能改善也就受到限制。从下行链路来看，到达移动台接收机的有用信号与来自同小区用户的干扰是自然同步的，因此这种破坏主要来自于多径传输。尤其在 RAKE 接收机的分径支路数小于信道的多径数时，这种破坏所引起的系统性能恶化更加严重。而在反向链路中，即使发送专门的同步信号（或信道）进行同步，由于不同移动台与基站的距离不同，信号到达基站的时间也就各不相同。正是基于上述原因，现有多数系统的反向链路中，不同的用户采用不同的 PN 序列；而同一用户的不同信道之间采用相同的 PN 序列和不同的正交序列。与下行链路类似，尽管同一用户不同信道信号是自然同步的，其正交性仍然要受到多径传输的影响。

为了解决正交序列的正交性由于同步误差而受到破坏的问题，中国专利申请 00103282.8 号，设计了一种在零时延附近具有一定零相关区宽度的序列，称为 ZCZ（零相关区）序列。将 ZCZ 序列作为地址码用于 CDMA 蜂窝系统中，由于 ZCZ 序列的自相关和互相关函数在一定区间内保持为零，只要有用信号和干扰信号之间的时延差限制在零相关区 Z 以内，干扰就可以得到有效抑制。此时干扰不能完全消除的原因是由于此时干扰大小取决于序列的部分相关特性而不是周期相关特性。因此中国专利申请 00103282.8 号在扩频后的信号中加入附加保护码片，以保证序列的周期零相关特性得到利用。仿真及分析表明，即使不加保护码片，由于零相关区内的 ZCZ 序列部分相关特性也非常优异，仍然可以得到很好的系统性能。这样，对于下行链路，凡是时延小于 Z 的多径成分都可以得到有效的抑制。在上行链路中，当小区半径较小（如微蜂窝系统）时，由于距离引起的不同步可以控制在几个码片以内，满足这种同步要求的系统通常称为准同步系统。对于准同步系统，只要时延不超过 ZCZ 的零相关区 Z ，采

用不同 ZCZ 序列的用户间干扰仍然可以得到有效抑制。因此, 采用 ZCZ 序列作为扩频地址码可以有效抑制系统中的干扰, 获得良好的系统误码性能。

通过以上分析可以看出, 准同步系统采用 ZCZ 序列作为地址码, 可以改善性能。然而, 如果为了提供小区间信道划分而仅将现有的 CDMA 蜂窝通信系统中的信道码用 ZCZ 序列加以替换, 由于第二层扩频以伪随机序列作为扰码, 当存在由于多径或传输造成的用户间信号不同步时, ZCZ 的零相关区作用无法得到体现, 只有零时延处的零互相关值这一特性可以得到利用。此时, ZCZ 序列的作用只相当于一般的正交序列, 并没有发挥 ZCZ 序列所具有的零相关区潜力。

本发明的主要目的是提供一种两级扩频方案, 使得 ZCZ 序列的零相关区特性可以得到充分利用以抑制系统中的干扰。

本发明的两级扩频方案可以分别用于准同步系统的上行和下行链路以划分信道, 实现多址通信。其中第一级扩频序列 (称为公用码) 用于区分不同小区用户, 第二级扩频序列 (称为信道码) 用来区分小区内的信道。

正如传统的两层扩频方案中提供小区 (或用户) 划分的扰码可以帮助抑制多径和小区内干扰一样, 本发明扩频方案中提供小区划分的公用码同样可以辅助抑制小区内多径和多用户干扰。

首先用公用码 P 对发送端的数据信息进行第一级扩频, 扩频后的码片速率为 $r_{c1} = L_1 r_b$, 其中 r_b 为数据比特传输速率, L_1 为第一级扩频因子; 随后用信道码 W 对经过第一级扩频后的输出码片进行第二级扩频, 第二级输出的码片速率为 $r_{c2} = L_2 r_{c1}$, 其中 L_2 为第二级扩频因子。经过两级扩频后, 总的扩频因子为 $L = L_1 \times L_2$ 。附图 1 所示为数据信息比特 $b^{k,c}$ 经过上述两级扩频后的码片结构。其中 p_n^c 代表第 c 个公用码 P^c 的第 n 个码片; w_n^k 表示第 k 个信道码 W^k 的第 n 个码片; T_{c1} 和 T_{c2} 分别为经过第一、二级扩频后的码片间隔, T_b 为数据比特周期; $T_b = L \times T_{c2} = L_1 \times T_{c1}$ 。

假定到达第 0 小区的第 i 个用户接收机的信号包括了同步后的有用信号和一个来自第 c 小区第 k 个用户的延迟了 $l T_{c2}$ 的干扰信号且假定 $l \leq L_2$, 不失一般性, 我们来考虑第 0 个数据比特 $b^{i,0}(0)$ 且认为码片波形为矩形脉冲, 如图 2 所示。首先用本地的信道码 w^i 进行解扩, 由附图 3 所示码片示意图可以得到第 0 个数据比特中第 n 个公用码码片上有用信号输出为

$$(d^1)_n = b^{i,0}(0)T_{c2}p_n^0 \sum_{m=0}^{L_2-1} w'_m w_m^i = b^{i,0}(0)T_{c1}p_n^0$$

由第 c 小区第 k 个用户带来的第 n 个公用码码片上的干扰可以表示为:

$$\text{当 } n=0 \text{ 时, } (I^1)_n = T_{c2} \{ b^{k,c}(-1)p_{-1}^c \sum_{m=0}^{l-1} w'_m w_{m-l}^k + b^{k,c}(0)p_0^c \sum_{m=l}^{L_2-1} w'_m w_{m-l}^k \}$$

$$= T_{c2} \{ b^{k,c}(-1)p_{-1}^c C_{k,j}(l-L_2) + b^{k,c}(0)p_0^c C_{k,j}(l) \}$$

$$\text{当 } n>0 \text{ 时 } (I^1)_n = T_{c2} b^{k,c}(0) [p_{n-1}^c \sum_{m=0}^{l-1} w'_m w_{m-l}^k + p_n^c \sum_{m=l}^{L_2-1} w'_m w_{m-l}^k]$$

$$= T_{c2} b^{k,c}(0) [p_{n-1}^c C_{k,j}(l-L_2) + p_n^c C_{k,j}(l)]$$

其中 $b^{i,0}(0)$ 表示第 0 数据比特, $b^{i,0}(-1)$ 表示前一数据比特, 而

$$C_{k,j}(l) = \begin{cases} \sum_{m=0}^{L_2-l-1} a_m^{(k)} a_{m+l}^{(i)}, & 0 \leq l \leq L_2 \\ \sum_{m=0}^{L_2+l-1} a_{m+l}^{(k)} a_m^{(i)}, & 1-L_2 \leq l < 0 \end{cases}$$

为信道码 w^k 与 w^i 的部分相关函数, 信道码码长为 L_2 ; $n=0$ 表示每一信息比特中第一个公用码码片。可以看出, 信道码解扩后干扰的大小主要取决于信道码的部分相关函数的好坏。

经过信道码解扩后的信号再用本地的公用码 P^0 解扩, 得到第 0 个数据比特上
有用信号的输出为

$$d = \sum_{n=0}^{L_2-1} (d^1)_n p_n^0 = b^{i,0}(0)T_{c1} \sum_{n=0}^{L_2-1} p_n^0 p_n^0 = b^{i,0}(0)T_b$$

干扰为

$$\begin{aligned} I &= \sum_{n=0}^{L_2-1} (I^1)_n p_n^0 = T_{c2} [b^{k,c}(-1)p_{-1}^c C_{k,j}(l-L_2) + b^{k,c}(0)p_0^c C_{k,j}(l)] p_0^0 \\ &\quad + T_{c2} b^{k,c}(0) \sum_{n=1}^{L_2-1} [p_{n-1}^c C_{k,j}(l-L_2) + p_n^c C_{k,j}(l)] p_n^0 \\ &\approx T_{c2} b^{k,c}(0) [C_{k,j}(l-L_2)\theta_{c,0}^p(-1) + C_{k,j}(l)\theta_{c,0}^p(0)] \end{aligned}$$

其中, $\theta_{c,0}^p(l) = \sum_{n=0}^{L_2-1} p_n^c p_{n+l}^0$ 为公用码 P^0 与 P^c 的周期相关函数, 此时假定公用码码长

为 L_1 ; 使用近似符号是由于用 $n \neq 0$ 的情况代替了 $n=0$ 的情况, 在 $L_1 \gg 1$ 的情况

下, 这种近似应该是成立的。可以看出, 经过公用码解扩后的干扰大小同时取决于信道码的部分相关函数和公用码的 0, 1 时延处的周期相关函数的优劣。

从上面的分析可以看出, 不论是将 ZCZ 序列作为信道码还是作为公用码都可以有效抑制干扰, 带来性能上的改善。

首先考虑信道码和公用码均采用 ZCZ 序列的情况。如果选择零相关区为 1 的 ZCZ 序列作为公用码, 由于当 $|l| \leq 1$ 时, $\theta_{c,0}^p(l) = 0$, 其中 $c \neq 0$, 此时来自于其它小区用户的干扰被完全消除了, 干扰仅仅来自于同小区的用户; 而来自本小区的干扰由于 $\theta_{0,0}^p(-1) = 0$ 也受到了有效的抑制, 这样采用 $Z=1$ 的 ZCZ 序列作为公用码时, 用户受到的干扰为

$$\sum_{k=0, k \neq i}^{K_0-1} L_1 T_{c,2} b^{k,0}(0) C_{k,i}(l)$$

其中 K_0 为第 0 小区中的用户数, 可以看出干扰的大小主要取决于信道码互相关函数的优劣。这样只要适当选择作为信道码的 ZCZ 序列, 使得干扰信号与有用信号的延迟 l 限制在零相关区 Z 以内, 信道码的部分相关函数则具有较理想的特性, 此时可以有效抑制系统中干扰的大小。

也可以选择 $Z=0$ 的 ZCZ (正交) 序列作为公用码。此时来自于相邻小区的干扰不能完全消除。考虑来自于 c ($c \neq 0$) 小区的干扰为

$$\sum_{c=1}^{N_c-K-1} \sum_{k=0}^{K_c-1} T_{c,2} b^{k,c}(0) C_{k,i}(l-L_2) \theta_{c,0}^p(-1)$$

其中, N_c 为小区个数, K_c 为 c 小区中的用户数目。来自于 0 小区的干扰可以表示为

$$\sum_{k=0, k \neq i}^{K_0-1} T_{c,2} b^{k,0}(0) [C_{k,i}(l-L_2) \theta_{0,0}^p(-1) + C_{k,i}(l) L_1]$$

干扰的大小一方面取决于信道码的部分相关特性, 另一方面取决于作为公用码的正交序列在时延为 l 时的周期互相关和自相关特性。由于作为信道码的 ZCZ 序列具有良好的部分互相关和自相关特性, 因此干扰可以得到有效抑制。尽管与采用零相关区为 1 的 ZCZ 序列相比性能会有所降低, 然而此时可用的公用码个数可增加一倍。

还可以考虑以 ZCZ 序列作为信道码的同时, 用伪随机序列作为公用码。由于此时的 PN 序列为长码, 因此上面干扰表达式中的公用码的相关函数应为部分

相关函数而非周期相关函数。此时由于作为信道码的 ZCZ 序列的良好零相关区特性和 PN 序列的伪随机特性，系统中的干扰仍然可以得到抑制而获得较为理想的性能。

在采用零相关区为 1 的 ZCZ 序列作为公用码的情况下，为了增加系统中的用户数，还可以考虑采用正交序列作为信道码。此时系统中的干扰由于公用码的零相关区特性可以得到有效抑制。

根据信道条件及系统要求不同，第一、二级的扩频因子的大小可以动态分配。比如，我们可以通过增大第一级扩频因子以保证时延落入作为信道码的 ZCZ 序列的零相关区内；或者通过增大第一级扩频因子使得小区内能够容纳更多的用户。这样做的代价是如果采用 ZCZ 序列作为公用码，能够提供的公用码数目也会相应减少。相反情况下，也可以通过减小第一级扩频因子增大第二级扩频因子来增大公用码的数目。

附图说明

图 1 是两层扩频码片结构示意图。

图 2 是信道码解扩码片示意图。

图 3 是公用码解扩后的码片示意图。

图 4 是两级扩频 CDMA 系统下行链路框图。

图 5 是上行链路发射机及信道原理框图。

本发明有益效果：可以有效地抑制系统中的干扰，提高系统性能。

以下结合附图说明实施例：

假设在第 c 个小区内的第 k 个用户，采用公用码 P^c （对小区内所有用户都是相同的）和信道码 W^k （对小区内不同用户是不同的）。附图 4 所示为采用两级变码片速率扩频方案时下行链路的发送、接收机模型，其中 b^{kc} 为 c 小区中 k 用户发送的数字信息； $\psi(t)$ 为码片波形滤波器， $\Psi'(\omega)$ 为波形匹配滤波器； ω_c 为载波角频率， $h_c(t)$ 为信道冲激响应； $r(t)$ 为到达 i 用户接收机信号。注意，此系统要经过两级扩频后才达到系统要求的码片速率，即总的扩频增益为两级扩频增益之积，而每级扩频因子的大小可以根据信道条件及系统要求来进行分配。信号到达用户接收机后，首先进行载波解调，经过码片波形匹配滤波器后以码片间隔为周期进行取样；随后对信道码解扩，乘以本地的信道码 w^i 后以 T_{c1} 为

间隔积分并抽样；最后进行公用码解扩，信号乘以本地的公用码 p^c 后以 T_b 为间隔积分抽样，并进行判决再生，获得原始发送数据信息。

附图 5 所示为准同步系统中上行链路的发射机原理框图。来自 c 小区中第 k 个用户移动台的信息比特 b^{kc} 分别由公用码 P^c 和信道码 W^k 进行第一、二级扩频，经过码片波形滤波器 $\psi(t)$ 后调制到载频 ω_c 进行发射。来自不同移动台的信号经过不同路径后到达基站。在准同步系统中，小区用户之间及不同小区之间采用了一定的同步措施，但并不要求精确同步，产生的同步误差可以控制在一定范围之内。这样，如同下行链路一样，同样可以对小区中所有上行链路用户使用相同的公用码，而在不同小区内也重复使用相同的信道码。上行链路单支路接收机的模型与下行链路相同的。都是用本地的公用码和信道码分别进行两级解扩。

在信号经过多径传输的条件下，可以采用 RAKE 接收机来合并各支路的输出。其中每个支路都采用上面所描述的解扩方案，这样可以抑制系统中干扰，提高系统性能。

公用码和信道码可以从如下组合中进行选择：1) 公用码采用零相关区 $Z=1$ 的 ZCZ 序列，信道码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列；2) 公用码采用 Walsh 序列，信道码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列；3) 公用码采用零相关区 $Z=1$ 的 ZCZ 序列，信道码采用正交序列；4) 公用码采用 PN (伪随机) 序列，信道码采用具有相应零相关区的 ZCZ 序列。

说明书附图

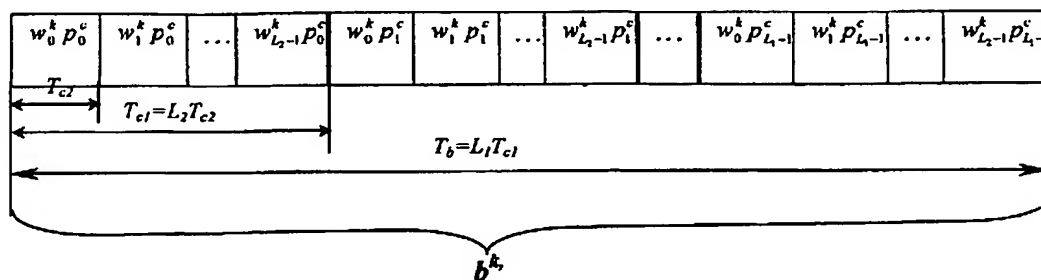


图 1

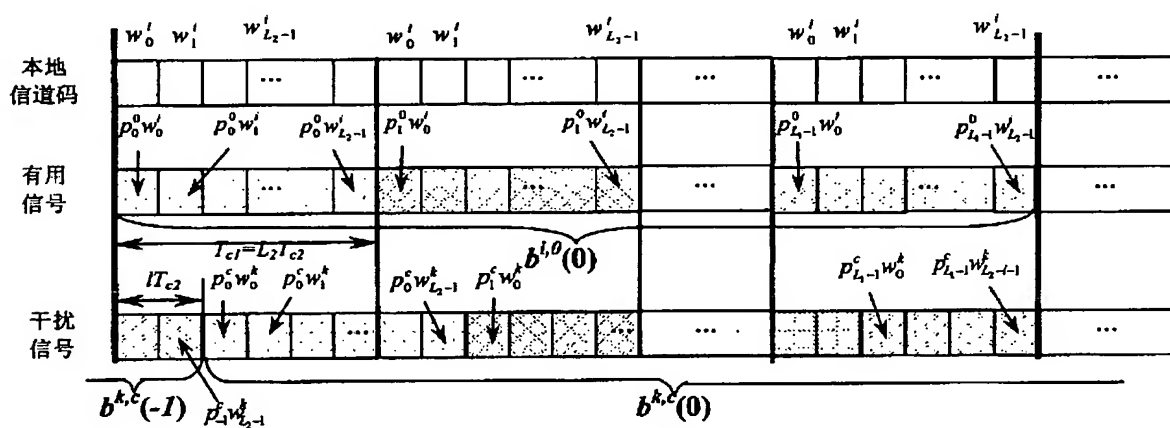


图 2

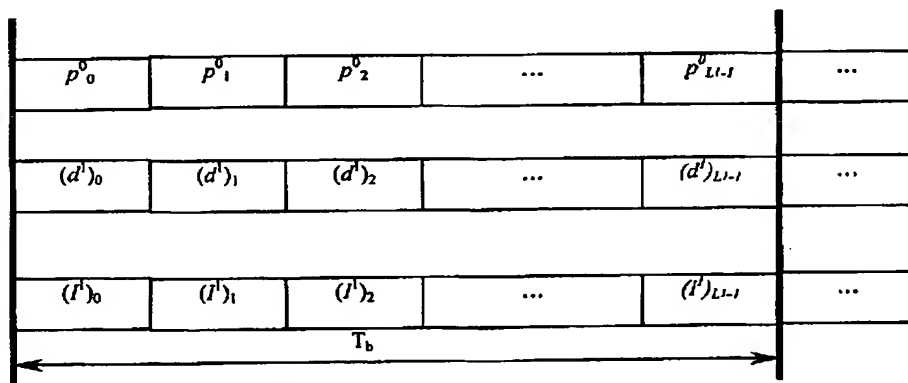


图 3

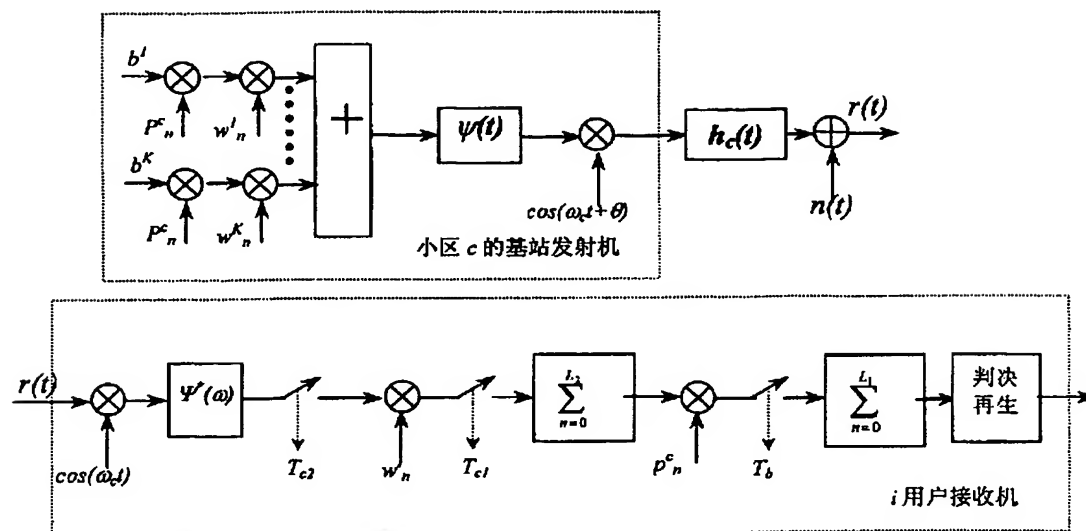


图 4

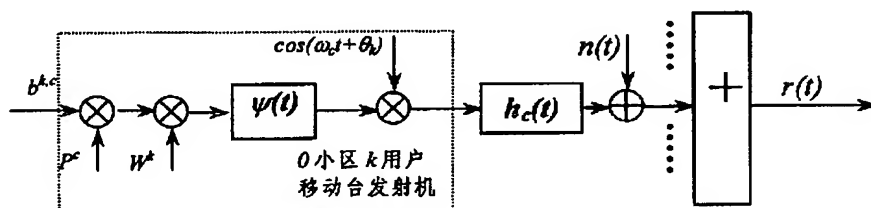


图 5